

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC584 U.S. PTO
09/577445
05/24/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 5月25日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第144932号

出 願 人

Applicant(s):

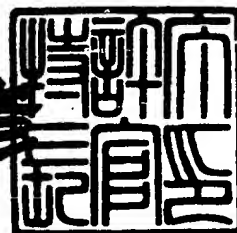
オリンパス光学工業株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 4月21日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



【書類名】 特許願

【整理番号】 A009902632

【提出日】 平成11年 5月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04N 9/31

【発明の名称】 色再現システム

【請求項の数】 3

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 大澤 健郎

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100100952

【弁理士】

【氏名又は名称】 風間 鉄也

【選任した代理人】

【識別番号】 100097559

【弁理士】

【氏名又は名称】 水野 浩司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9602409

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 色再現システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被写体の分光反射率に対応した観察照明光の下での三刺激値を算出する三刺激値算出手段と、

前記三刺激値に基づいて出力カラー画像信号を算出するカラー画像信号算出手段と、

前記出力カラー画像信号を受けてカラー画像を出力するカラー画像出力手段とからなる色再現システムにおいて、

前記三刺激値算出手段は、複数の単位色票からなる色票の分光反射率データと該色票を観察照明光の下で入力装置により撮影して得られた色票撮影データと該入力装置の分光感度データおよび等色関数データを用いて、前記三刺激値を算出することを特徴とする色再現システム。

【請求項 2】

前記三刺激値算出手段は、

前記被写体の分光反射率と等色関数の積と、前記色票の分光反射率と前記入力装置の分光感度の積との関係より求められるマトリクスを前記色票撮影データに乘じることにより、前記三刺激値を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の色再現システム。

【請求項 3】

前記三刺激値算出手段は、

前記被写体の分光反射率の複数の基底関数と等色関数の積と、前記色票の分光反射率と前記入力装置の分光感度の積との関係より求められるマトリクスを前記色票撮影データに乘じることにより求められた基底関数三刺激値の線形和として前記三刺激値を求めることを特徴とする請求項 1 に記載の色再現システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、被写体の分光反射率に対応した観察照明光下における三刺激値を算出するカラー画像処理装置を有する色再現システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、カラーCRTモニタやカラープリンタなどの複数のカラー画像機器間で入出力画像の色を合わせるカラーマネジメントシステム（CMS）がカラー画像を扱う様々な分野において普及しつつある。CMSにおいては、被写体を撮影する際の撮影照明光と撮影により得られた画像データをCRTモニタに表示もしくはプリンタにより出力した画像を観察する場合の観察照明光とが異なる場合、人の視覚特性の変化により、観察される画像の色の見えがそれぞれの環境で異なるということが正確に色見えを再現する場合に問題となる。

【0003】

このような問題を解決する手段の一つとして、被写体の分光反射率 $f(\lambda)$ を求め、これに観察照明光のスペクトル $E_o(\lambda)$ を乗じた反射スペクトルの CIE XYZ を算出して表示するという色再現方法がとられる。分光反射率 $f(\lambda)$ は、被写体を撮影して得られた被写体画像の各画素に対応した分光反射率として求められる。ここで、CIE XYZ は国際照明委員会（CIE）の定める XYZ 等色関数 $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$ を用いて次式により算出される。

【0004】

【数 1】

$$\begin{aligned} X &= \int_{\lambda=380}^{780} x(\lambda) E_o(\lambda) f(\lambda) d\lambda \\ Y &= \int_{\lambda=380}^{780} y(\lambda) E_o(\lambda) f(\lambda) d\lambda \\ Z &= \int_{\lambda=380}^{780} z(\lambda) E_o(\lambda) f(\lambda) d\lambda \end{aligned}$$

【0005】

但し、 λ は波長[nm]である。このように被写体画像の各画素に対応した分光反射率 $f(\lambda)$ を求め、これに基づき観察照明光下のXYZを算出して表示する方法では、観察照明光下に被写体がある場合のXYZを表示することから、色順応等の視覚モデルを用いずに正確な色の見えを再現することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

上述した従来の色再現システムでは、被写体の分光反射率 $f(\lambda)$ から観察照明光下におけるXYZを算出するために、観察照明光のスペクトル $E_o(\lambda)$ を求める必要がある。しかし、高精度にスペクトルを測定するには、分光光度計等の測定器が必要であるため、観察照明光 $E_o(\lambda)$ のスペクトルを測定するために各観察場所に分光光度計を用意しなければならないという煩雑さがある。

【0007】

本発明は、従来のように分光光度計等の測定器を用いずに被写体の分光反射率に対応した観察照明光下における三刺激値を算出するカラー画像処理装置を有する色再現システムを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため、本発明は被写体の分光反射率に対応した観察照明光の下での三刺激値を算出する三刺激値算出手段と、前記三刺激値に基づいて出力カラー画像信号を算出するカラー画像信号算出手段と、前記出力カラー画像信号を受けてカラー画像を出力するカラー画像出力手段とからなる色再現システムにおいて、前記三刺激値算出手段は、複数の単位色票からなる色票の分光反射率データと該色票を観察照明光の下で入力装置により撮影して得られた色票撮影データと該入力装置の分光感度データおよび等色関数データを用いて、前記三刺激値を算出することを特徴とする。

【0009】

このような構成により、本発明では分光反射率が既知の色票とこれを撮影する分光感度が既知の入力装置を用いることにより、被写体の分光反射率に対応した観察照明光の下での三刺激値を求めることができる。すなわち、分光光度計等の

測定器を用いることなく、分光反射率画像データを観察照明光下における三刺激値である X Y Z 画像データに変換することができる。

【0 0 1 0】

一つの態様によると、前記三刺激値算出手段は、前記被写体の分光反射率と等色関数の積と、前記色票の分光反射率と前記入力装置の分光感度の積との関係より求められるマトリクスを前記色票撮影データに乘じることにより、前記三刺激値を算出することを特徴とする。

【0 0 1 1】

このようにすると、被写体の分光反射率と等色関数の積を色票の分光反射率と色票を撮影する入力装置の分光感度の積により展開可能である場合には、非常に正確に分光反射率画像データを観察照明光下における三刺激値である X Y Z 画像データに変換することが可能となる。

【0 0 1 2】

また、上記展開が不可能な場合でも、被写体の分光反射率に応じて使用する色票とこれを撮影するための入力装置の特性を変えることによって、展開精度を高めることで高精度な変換が可能となる。

【0 0 1 3】

他の態様によると、前記三刺激値算出手段は、前記被写体の分光反射率の複数の基底関数と等色関数の積と、前記色票の分光反射率と前記入力装置の分光感度の積との関係より求められるマトリクスを前記色票撮影データに乘じることにより求められた基底関数三刺激値の線形和として前記三刺激値を求めることを特徴とする。

【0 0 1 4】

このようにすると、被写体の分光反射率の複数の基底関数と等色関数の積を色票の分光反射率と色票を撮影する入力装置の分光感度の積により展開可能である場合には、非常に正確に分光反射率画像データを観察照明光下における三刺激値である X Y Z 画像データに変換することができる。

【0 0 1 5】

また、上記展開が不可能な場合でも、被写体の分光反射率の基底関数に応じて

使用する色票とこれを撮影するための入力装置の特性を変えることによって、展開精度を高めることで高精度な変換を行うことができる。

【0016】

また、被写体の分光反射率が全て基底関数により展開される場合には、基底関数に対する変換精度を予め評価することにより、実際の被写体に対する変換精度を予め求めることも可能となる。

【0017】

さらに、被写体の分光反射率の基底関数に対応した観察照明光下における三刺激値を予め計算しておくことができるため、被写体の分光反射率に対応する展開係数を入力した後、被写体の分光反射率に対応した観察照明光下における三刺激値を基底関数の三刺激値の線形和により高速に算出することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

（第1の実施形態）

図1に、本発明の第1の実施形態に係る色再現システムを示す。被写体1が撮影照明2による撮影照明光の下で第1のデジタルカメラ3によって撮影されることにより、被写体画像信号がRGB画像データとしてデジタルカメラ3から出力される。このRGB画像データは、分光反射率算出装置4に入力される。

【0019】

分光反射率算出装置4は、デジタルカメラ3からのRGB画像データを入力して、デジタルカメラ3の分光感度データと撮影照明光のスペクトルデータと被写体分光反射率の統計データおよび等色関数データを用いて被写体1の分光反射率 $f(\lambda)$ をRGB画像データの各画素に対応した分光反射率として算出し、この分光反射率 $f(\lambda)$ の分布に対応した画像データ（これを分光反射率画像データという）Fを出力する。この分光反射率画像データFは、三刺激値算出装置5に入力される。

【0020】

一方、色票6が観察照明7による観察照明光の下で入力装置である第2のディ

デジタルカメラ 8 によって撮影されることにより、色票 6 に対応した色票画像データ P' がデジタルカメラ 8 から出力される。色票 6 は複数 (M) 枚の独立した分光反射率の単位色票をマトリクス状に配列して構成されており、照明むらのないように配置されてデジタルカメラ 8 により撮影される。色票画像データ P' は、三刺激値算出装置 5 に入力される。

【0021】

三刺激値算出装置 5 は、分光反射率算出装置 4 から入力される分光反射率画像データ F と第 2 のデジタルカメラ 8 から入力される色票画像データ P' とデジタルカメラ 8 の分光感度データと色票 6 の分光反射率分布を示す色票分光反射率データおよび等色関数データから、観察照明光下における被写体 1 の分光反射率に対応した三刺激値 XYZ を算出して、 XYZ 画像データを出力する。この XYZ 画像データは、カラー画像信号算出装置 9 に入力される。デジタルカメラ 8 の分光感度と色票分光反射率および等色関数はいずれも既知の値であり、これらのデータは予め三刺激値算出装置 5 の内部で記憶保持されているものとする。

【0022】

カラー画像信号算出装置 9 は、三刺激値算出装置 5 から入力された XYZ 画像データを予め測定により得られた CRT モニタ 10 の入出力特性情報であるモニタプロファイルを用いて、出力カラー画像信号 $R' G' B'$ に変換する。この出力カラー画像信号 $R' G' B'$ は、カラー画像出力手段である CRT モニタ 10 に入力され、これにより CRT モニタ 10 には観察照明光下の被写体 1 の色を有する被写体画像が表示される。

【0023】

次に、図 1 の各部の詳細な構成と処理について詳細に説明する。

図 2 に、分光反射率算出装置 4 の構成を示す。この分光反射率算出装置 4 は、マトリクス変換装置 21 と記憶装置 22 およびマトリクス算出装置 23 から構成される。第 1 のデジタルカメラ 3 からの RGB 画像データはマトリクス変換装置 21 に入力され、記憶装置 22 に記憶されたデータに基づいてマトリクス算出装置 23 により算出されたマトリクスが乗じられることによって、分光反射率画像データ F が出力される。

【 0 0 2 4 】

図 2 の分光反射率算出装置 4 についてさらに詳しく説明すると、記憶装置 2 2 は第 1 のデジタルカメラ 3 の分光感度データ H、撮影照明光スペクトルデータ E_m、被写体 1 の分光反射率の相関行列データ A を 3 8 0 n m ~ 7 8 0 n m の波長領域において 1 n m 間隔のデータとして記憶保持している。撮影照明光スペクトルデータ E_m は、予め分光計等により測定されるか、もしくは設定されたものである。また、被写体 1 の分光反射率の相関行列データ A も、予め測定されたデータから算出される。

【 0 0 2 5 】

マトリクス算出装置 2 3 は、記憶装置 2 2 から H、A、E_m の各データを読み込み、デジタルカメラ 3 からの R G B 画像データを分光反射率画像データ F に変換するための分光反射率推定マトリクス M を算出する。分光反射率推定マトリクス M は、3 次元データである R G B 画像データを 3 8 0 n m ~ 7 8 0 n m の波長領域における 1 n m 間隔の 4 0 1 次元の分光反射率に変換するための 4 0 1 × 3 のマトリクスであり、デジタルカメラ 3 から出力される R G B 画像データを G として、

【 0 0 2 6 】

【数 2】

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \left\langle (F - MG)^t (F - MG) \right\rangle \\ &= \left\langle (F - MHE_m F)^t (F - MHE_m F) \right\rangle \end{aligned}$$

【 0 0 2 7 】

ここで、

【 0 0 2 8 】

【数 3】

$$H = \begin{pmatrix} r(380), r(381), \dots, r(780) \\ g(380), g(381), \dots, g(780) \\ b(380), b(381), \dots, b(780) \end{pmatrix}$$

$$E_m = \begin{pmatrix} E_m(380), 0, \dots, 0 \\ 0, E_m(381), \dots, 0 \\ \dots \\ 0, 0, \dots, E_m(780) \end{pmatrix}$$

$$F = (f(380), f(381), \dots, f(780))^t$$

$$M = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ \vdots & & \\ m_{4011} & m_{4012} & m_{4013} \end{pmatrix}$$

【0 0 2 9】

を最小とするMとして、

【0 0 3 0】

【数 4】

$$M = A(HE_m)^t (HE_m A(HE_m)^t)^{-1}$$

ただし、

$$A = \langle FF^t \rangle$$

【0 0 3 1】

により算出される。マトリクス変換装置 2 1 は、この分光反射率推定マトリクス M を RGB 画像データ G に乗じることによって、分光反射率画像データ F を出力する。

【0 0 3 2】

図 3 に、三刺激値算出装置 5 の構成を示す。この三刺激値算出装置 5 は、三刺激値マトリクス算出装置 3 1 と記憶装置 3 2 と画像切り出し装置 3 3 および三刺激値マトリクス変換装置 3 4 から構成される。

【 0 0 3 3 】

図 1 および図 2 の分光反射率算出装置 4 から出力される分光反射率画像データ F は三刺激値マトリクス算出装置 3 1 に入力され、記憶装置 3 2 に記憶されたデータに基づいて三刺激値マトリクス M_{qc} が算出される。この三刺激値マトリクス M_{qc} は、三刺激値マトリクス変換装置 3 4 に入力される。この三刺激値マトリクス変換装置 3 4 において、三刺激値マトリクス M_{qc} が画像切り出し装置 3 3 により切り出された色票撮影データ P に乗じられてマトリクス変換が行われることにより、三刺激値 C が求められる。

【 0 0 3 4 】

図 3 の三刺激値算出装置 5 についてさらに詳しく説明すると、記憶装置 3 2 は第 2 のデジタルカメラ 8 の分光感度データ H_2 、等色関数データ c および色票 6 の分光反射率データ q を $380\text{ nm} \sim 780\text{ nm}$ の波長領域において 1 nm 間隔のデータとして記憶保持している。

【 0 0 3 5 】

三刺激値マトリクス算出装置 3 1 では、記憶装置 3 2 から H_2 、 c 、 q の各データを読み込み、第 2 のデジタルカメラ 8 から画像切り出し装置 3 3 を介して入力された色票撮影データ P を分光反射率算出装置 4 から読み込んだ分光反射率画像データ F の観察照明光スペクトル下における三刺激値 C に変換するための三刺激値推定マトリクス M_{qc} を算出する。

【 0 0 3 6 】

画像切り出し装置 3 3 は、色票 6 を第 2 のデジタルカメラ 8 で撮影することにより得られた色票画像データ P' から各单位色票領域のデータを切り出し、その平均信号値を算出することにより色票撮影データ P を得るものである。色票 6 は複数 (M) 枚の独立した分光反射率の単位色票から構成されているので、これら M 枚の単位色票をデジタルカメラ 8 により RGB 3 チャンネルで撮影し、画像切り出し装置 3 3 で切り出すことにより、 $3M$ 個の色票撮影データ P が得られ

ることになる。

【0 0 3 7】

三刺激値推定マトリクス M_{qc} は、このRGB 3チャンネルにより得られる3M個の色票撮影データPを3次元のXYZ画像データである三刺激値Cに変換するための $3 \times 3M$ のマトリクスである。この三刺激値推定マトリクス M_{qc} は、第2のデジタルカメラ8の分光感度データ H_2 を $h_i^{(2)}(\lambda)$ ($i = 1 \sim 3$)、色票6の分光反射率データ q を $q_j(\lambda)$ ($j = 1 \sim M$)、等色関数データ c を $c_i(\lambda)$ ($i = 1 \sim 3$)として、

【0 0 3 8】

【数5】

$$f'_i(\lambda) = c_i(\lambda)f(\lambda) \quad (i = 1 \sim 3)$$

$$q'_{M(i-1)+j}(\lambda) = h_i^{(2)}(\lambda)q_j(\lambda) \quad (i = 1 \sim 3, j = 1 \sim M)$$

$$f' = (f'_1, f'_2, f'_3)^t$$

$$f'_i = (f'_i(\lambda_1), f'_i(\lambda_2), \dots, f'_i(\lambda_N))$$

$$q' = (q'_1, q'_2, \dots, q'_{3M})^t$$

$$q'_i = (q'_i(\lambda_1), q'_i(\lambda_2), \dots, q'_i(\lambda_N))$$

【0 0 3 9】

と表すと、

【0 0 4 0】

【数6】

$$E_{qc} = (f' - M_{qc}q')^t(f' - M_{qc}q')$$

【0 0 4 1】

を最小にする M_{qc} として、

【0 0 4 2】

【数 7】

$$M_{qc} = f' q'^t (q' q'^t)^{-1}$$

【0 0 4 3】

により算出される。

【0 0 4 4】

すなわち、三刺激値推定マトリクス M_{qc} は、被写体 1 の分光反射率 $f(\lambda)$ と等色関数 $c_i(\lambda)$ の積と、色票 6 の分光反射率 $q_j(\lambda)$ と色票 6 を撮影する入力装置であるデジタルカメラ 8 の分光感度 $h_i^{(2)}(\lambda)$ の積との関係から求められる。

【0 0 4 5】

こうして算出された三刺激値推定マトリクス M_{qc} は三刺激値マトリクス変換装置 3 4 に入力され、次式により三刺激値 C が算出される。

【0 0 4 6】

【数 8】

$$C = M_{qc}P$$

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_{3M})^t$$

$$C = (x, y, z)^t$$

【0 0 4 7】

上式から明らかなように、 E_{qc} が 0 の時、任意の観察照明光スペクトル E_o について上式により正確な三刺激値 C を得ることができる。こうして三刺激値マトリクス変換装置 3 4 により算出された三刺激値 C は、図 1 のカラー画像信号算出装置 9 に入力される。

【0 0 4 8】

図 4 に、カラー画像信号算出装置 9 の構成を示す。このカラー画像信号算出装置 9 は、出力 RGB マトリクス変換装置 4 1 と記憶装置 4 2 および階調補正装置

4 3 から構成される。カラー画像信号算出装置 9 には、図 3 に示した三刺激値算出装置 5 内の三刺激値マトリクス変換装置 3 4 から出力される三刺激値 C が入力される。三刺激値 C は、出力 RGB マトリクス変換装置 4 1 において記憶装置 4 2 から与えられる出力 RGB マトリクス M_{cm} に従って、次式により RGB データ G に変換される。

【0 0 4 9】

【数 9】

$$G = M_{cm}C$$

ただし、

$$G = (R, G, B)^t$$

$$M_{cm} = \begin{pmatrix} X_r X_g X_b \\ Y_r Y_g Y_b \\ Z_r Z_g Z_b \end{pmatrix}^{-1}$$

【0 0 5 0】

ここで、 X_r 、 X_g 、 X_b はそれぞれ R、G、B 最大発光時の X を表す。Y、Z についても同様である。

【0 0 5 1】

出力 RGB マトリクス変換装置 4 1 により算出された RGB データ G は階調補正装置 4 3 に入力され、記憶装置 4 2 から与えられる階調補正データに従ってそれぞれ非線形な階調補正が行われる。この階調補正後の RGB データ G' (図 1 の R' G' B' に相当) は出力カラー画像信号として CRT モニタ 1 0 に入力され、CRT モニタ 1 0 上に被写体 1 のカラー画像が表示される。

【0 0 5 2】

このように本実施形態によれば、三刺激値算出装置 5 において分光反射率が既知の色票 6 と色票 6 を撮影するための分光感度が既知の入力装置であるデジタルカメラ 8 を用いることにより、分光光度計等の測定器を用いずに分光反射率画像データ F を観察照明光下における三刺激値 C である XYZ 画像データに変換す

ることができる。

【0053】

ここで、被写体 1 の分光反射率 $f(\lambda)$ と等色関数 $c_i(\lambda)$ の積を色票 6 の分光反射率 $q_j(\lambda)$ と色票 6 を撮影する入力装置であるデジタルカメラ 8 の分光感度 $h_i^{(2)}(\lambda)$ の積により展開可能である場合には、非常に正確に分光反射率画像データ F を観察照明光下における三刺激値 C である XYZ 画像データに変換することが可能となる。

【0054】

また、本実施形態では被写体 1 の分光反射率 $f(\lambda)$ に応じて、使用する色票 6 とこれを撮影するための入力装置である第 2 のデジタルカメラ 8 の特性を変えることによって、さらに高精度な変換が可能となる。

【0055】

(第 2 の実施形態)

図 5 に、本発明の第 2 の実施形態に係る色再現システムを示す。本実施形態では、分光反射率算出装置 14 の出力は被写体 1 の分光反射率を基底関数の線形和として表したときの展開係数となる。本実施形態において、分光反射率算出装置 14 および三刺激値算出装置 15 以外の構成は、第 1 の実施形態において説明したものと同様なので、説明を省略する。

【0056】

分光反射率算出装置 14 は、デジタルカメラ 3 からの RGB 画像データを入力して、デジタルカメラ 3 の分光感度データと撮影照明光のスペクトルデータと被写体 1 の光反射率の統計データおよび等色関数データを用いて、被写体 1 の分光反射率を基底関数の線形和として表した場合の展開係数データ K を出力する。この展開係数データ K は、三刺激値算出装置 15 に入力される。三刺激値算出装置 15 には、複数の単位色票からなる色票 6 が観察照明 7 による観察照明光の下で入力装置である第 2 のデジタルカメラ 8 によって撮影されることによりデジタルカメラ 8 から出力される色票 6 に対応した色票画像データ P' も入力される。

【0057】

三刺激値算出装置 1 5 は、分光反射率算出装置 1 4 から入力された展開係数データ K と第 2 のデジタルカメラ 8 から出力される色票画像データ P' とデジタルカメラ 8 の分光感度データと色票 6 の分光反射率データおよび等色関数データから、観察照明光下における被写体 1 の分光反射率に対応した三刺激値 XYZ を算出して、 XYZ 画像データをカラー画像信号算出装置 9 に入力する。デジタルカメラ 8 の分光感度と色票分光反射率および等色関数はいずれも既知の値であり、これらのデータは予め三刺激値算出装置 1 5 内で記憶保持されているものとする。

【0058】

図 6 に、分光反射率算出装置 1 4 の構成を示す。この分光反射率算出装置 1 4 は、マトリクス変換装置 6 1 と記憶装置 6 2 およびマトリクス算出装置 6 3 から構成される。第 1 のデジタルカメラ 3 からの RGB 画像データはマトリクス変換装置 6 1 に入力され、記憶装置 6 2 に記憶されたデータに基づいてマトリクス算出装置 6 3 により算出されたマトリクスが乗じられることによって、分光反射率の展開係数データ K が出力される。

【0059】

記憶装置 6 2 は、第 1 のデジタルカメラ 3 の分光感度データ H 、被写体 1 の分光反射率を基底関数の線形和として表した場合の展開係数の相関行列のデータ A' 、被写体 1 の分光反射率の基底関数データ V および撮影照明光スペクトルデータ E_m を $380\text{ nm} \sim 780\text{ nm}$ の波長領域において 1 nm 間隔のデータとして記憶保持している。

【0060】

マトリクス算出装置 6 3 では、記憶装置 6 2 から H 、 A' 、 V 、 E_m の各データを読み込み、デジタルカメラ 3 からの RGB 画像データを被写体分光反射率の展開係数データ K に変換するための展開係数推定マトリクス M を算出する。この展開係数推定マトリクス M は、RGB 3 次元のデータを R 個の基底関数にかかる展開係数に変換するための $R \times 3$ のマトリクスであり、デジタルカメラ 3 からの RGB 画像データを G として、

【0061】

【数 1 0】

$$\begin{aligned}\text{Error} &= \left\langle (K - MG)^t (K - MG) \right\rangle \\ &= \left\langle (K - MHE_m F)^t (K - MHE_m F) \right\rangle \\ &= \left\langle (K - MHE_m VK)^t (K - MHE_m VK) \right\rangle\end{aligned}$$

【0 0 6 2】

ここで、

【数 1 1】

$$H = \begin{pmatrix} r(380), r(381), \dots, r(780) \\ g(380), g(381), \dots, g(780) \\ b(380), b(381), \dots, b(780) \end{pmatrix}$$

$$E_m = \begin{pmatrix} E_m(380), 0, \dots, 0 \\ 0, E_m(381), \dots, 0 \\ \dots \\ 0, 0, \dots, E_m(780) \end{pmatrix}$$

$$V = \begin{pmatrix} v_1(380)v_2(380) \dots v_R(380) \\ v_1(381)v_2(381) \dots v_R(381) \\ \dots \\ v_1(780)v_2(780) \dots v_R(780) \end{pmatrix}$$

$$K = (k_1, k_2, \dots, k_R)^t$$

$$M = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ \vdots & & \\ m_{R1} & m_{R2} & m_{R3} \end{pmatrix}$$

【0 0 6 3】

を最小とするMとして、

【0 0 6 4】

【数 1 2】

$$M = \left(K^t K \right) (H E m V)^t (H E m V)^t \left(K^t K \right) (H E m V)^t)^{-1}$$

【0 0 6 5】

により算出される。マトリクス変換装置 6 1 では、こうして算出された展開係数推定マトリクスMをRGB画像データGに乘じることにより、展開係数データKを出力する。

【0 0 6 6】

図 7 に、三刺激値算出装置 1 5 の構成を示す。この三刺激値算出装置 1 5 は、画像切り出し装置 7 1 と三刺激値マトリクス算出装置 7 2 と記憶装置 7 3 および三刺激値マトリクス変換装置 7 4 から構成される。

【0 0 6 7】

デジタルカメラ 8 により色票 6 を撮影して得られた色票画像データ P' は、画像切り出し装置 7 1 を介して三刺激値マトリクス算出装置 7 2 に入力され、記憶装置 7 3 に記憶されたデータに基づいて三刺激値推定マトリクスMqcが算出される。この三刺激値推定マトリクスMqcは、三刺激値マトリクス変換装置 7 4 に入力される。この三刺激値マトリクス変換装置 7 4 において、三刺激値推定マトリクスMqcが分光反射率算出装置 1 4 から出力される被写体 1 の分光反射率の展開係数データKに乘じられてマトリクス変換が行われることにより、三刺激値Cが求められる。

【0 0 6 8】

図 7 の各部についてさらに詳しく説明すると、記憶装置 7 3 は第 2 のデジタルカメラ 8 の分光感度 H 2、等色関数データ c、色票 6 の分光反射率データ q、被写体分光反射率の基底関数データ V を 3 8 0 n m ~ 7 8 0 n m の波長領域において 1 n m 間隔のデータとして記憶保持している。

【 0 0 6 9 】

三刺激値マトリクス算出装置 7 2 では、記憶装置 7 3 から H_2 、 c 、 q 、 V の各データを読み込み、第 2 のデジタルカメラ 8 から画像切り出し装置 7 1 を介して入力された色票撮影データ P を分光反射率算出装置 1 4 から読み込んだ展開係数データ K を展開係数に対応する分光反射率の観察照明光下における三刺激値 C に変換するための三刺激値推定マトリクス M_{qc} を算出する。

【 0 0 7 0 】

画像切り出し装置 7 1 は、色票 6 を第 2 のデジタルカメラ 8 で撮影することにより得られた色票画像データ P' から各单位色票領域のデータを切り出し、その平均信号値を算出することにより色票撮影データ P を得るものである。色票 6 は複数 (M) 枚の独立した分光反射率の単位色票から構成されているので、これら M 枚の単位色票をデジタルカメラ 8 により RGB 3 チャンネルで撮影し、画像切り出し装置 7 1 で切り出すことにより、 $3M$ 個の色票撮影データ P が得られることになる。

【 0 0 7 1 】

三刺激値推定マトリクス M_{qc} は、 R 個の展開係数データ K を 3 次元の XYZ 画像データである三刺激値 C に変換するための $3 \times R$ のマトリクスとなる。この三刺激値推定マトリクス M_{qc} は、入力装置であるデジタルカメラ 8 の分光感度データ H_2 を $h_i^{(2)}(\lambda)$ ($i = 1 \sim 3$)、色票 6 の分光反射率データ q を $q_j(\lambda)$ ($j = 1 \sim M$)、等色関数データ c を $c_i(\lambda)$ ($i = 1 \sim 3$)、被写体 1 の分光反射率の基底関数 V と展開係数 K をそれぞれ $v_l(\lambda)$ 、 k_l ($l = 1 \sim R$) とすると、以下の手順により求められる。

【 0 0 7 2 】

【数 1 3】

$$f(\lambda) = \sum_{l=1}^R k_l v_l(\lambda)$$

$$f'_{i1}(\lambda) = c_i(\lambda) v_1(\lambda) \quad (i = 1 \sim 3, l = 1 \sim R)$$

$$q'_{M(i-1)+j}(\lambda) = h_i^{(2)}(\lambda) q_j(\lambda) \quad (i = 1 \sim 3, j = 1 \sim M)$$

$$f'^{(1)} = (f'_{11}, f'_{21}, f'_{31})^t$$

$$f'_{i1} = (f'_{i1}(\lambda_1), f'_{i1}(\lambda_2), \dots, f'_{i1}(\lambda_N))$$

$$q' = (q'_1, q'_2, \dots, q'_{3M})^t$$

$$q'_i = (q'_i(\lambda_1), q'_i(\lambda_2), \dots, q'_i(\lambda_N))$$

【0 0 7 3】

と表すと、

【0 0 7 4】

【数 1 4】

$$E^{(1)}_{qc} = (f'_1 - M^{(1)}_{qc} q')^t (f'_1 - M^{(1)}_{qc} q')$$

【0 0 7 5】

を最小とする $M^{(1)}_{qc}$ として、

【0 0 7 6】

【数 1 5】

$$M^{(1)}_{qc} = f'_1 q'^t (q' q'^t)^{-1}$$

【0 0 7 7】

が算出され、各基底関数の三刺激値 $C^{(1)}$ が次式により求められる。

【0 0 7 8】

【数 1 6】

$$C^{(1)} = M^{(1)}_{qc} P$$

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_{3M})^t$$

$$C^{(1)} = (x^{(1)}, y^{(1)}, z^{(1)})^t$$

【0 0 7 9】

そして、三刺激値推定マトリクス M_{qc} は、

【0 0 8 0】

【数 1 7】

$$M_{qc} = (C^{(1)}, C^{(2)}, \dots, C^{(R)})$$

【0 0 8 1】

により算出される。

【0 0 8 2】

すなわち、三刺激値推定マトリクス M_{qc} は、被写体 1 の分光反射率 $f(\lambda)$ についての複数の基底関数 $v_i(\lambda)$ と等色関数 $c_i(\lambda)$ の積と、色票 6 の分光反射率 $q_j(\lambda)$ と色票 6 を撮影する入力装置であるデジタルカメラ 8 の分光感度 $h_i^{(2)}(\lambda)$ の積との関係から求められるマトリクス $M^{(1)}_{qc}$ を色票撮影データ P に乗じることにより求められた、各基底関数の三刺激値 $C^{(1)}$ の線形和として求められる。

【0 0 8 3】

こうして算出された三刺激値推定マトリクス M_{qc} は三刺激値マトリクス変換装置 7 4 に入力され、次式により三刺激値 C に変換される。

【0 0 8 4】

【数 1 8】

$$C = M_{qc} K$$

【 0 0 8 5 】

上式から明らかなように、 $E^{(1)}_{qc}$ ($l = 1 \sim R$) が 0 の時、任意の観察照明光スペクトル E_o について上式により正確な三刺激値 C を得ることができる。

【 0 0 8 6 】

こうして三刺激値マトリクス変換装置 7 4 により算出された三刺激値 C は、図 5 のカラー画像信号算出装置 9 に入力され、第 1 の実施形態と同様に出力カラー画像信号である RGB データに変換された後、CRT モニタ 1 0 に入力される。カラー画像信号算出装置 9 の構成は、第 1 の実施形態と同様なので、説明を省略する。

【 0 0 8 7 】

このように本実施形態では、第 1 の実施形態と同様に三刺激値算出装置 1 5 において分光反射率が既知の色票 6 と色票 6 を撮影するための分光感度が既知の入力装置であるデジタルカメラ 8 を用いることにより、分光光度計等の測定器を用いずに分光反射率画像データ F を観察照明光下における三刺激値である XYZ 画像データに変換することができる。

【 0 0 8 8 】

ここで、被写体 1 の分光反射率 $f(\lambda)$ の複数の基底関数 $v_l(\lambda)$ と等色関数 $c_i(\lambda)$ の積を色票 6 の分光反射率 $q_j(\lambda)$ と色票 6 を撮影する入力装置であるデジタルカメラ 8 の分光感度 $h_i^{(2)}(\lambda)$ の積により展開可能である場合には、非常に正確に分光反射率画像データ F を観察照明光下における三刺激値である XYZ 画像データに変換することが可能となる。

【 0 0 8 9 】

また、本実施形態では被写体 1 の分光反射率 $f(\lambda)$ の基底関数 V に応じて、使用する色票 6 とこれを撮影するための入力装置である第 2 のデジタルカメラ 8 の特性を変えることによって、さらに高精度な変換が可能となる。

【 0 0 9 0 】

また、本実施形態によると被写体 1 の分光反射率 $f(\lambda)$ が全て基底関数 V により展開されることから、基底関数 V に対する変換精度を予め評価することにより、実際の被写体 1 に対する変換精度を予め求めることも可能となる。

【 0 0 9 1 】

さらに、本実施形態では被写体 1 の分光反射率 $f(\lambda)$ の基底関数 V に対応した観察照明光下における三刺激値 $C^{(1)}$ を予め計算しておくことができるため、分光反射率 $f(\lambda)$ に対応する展開係数 K を入力した後、分光反射率 $f(\lambda)$ に対応した観察照明光下における三刺激値 C を基底関数の三刺激値 $C^{(1)}$ の線形和により高速に算出することが可能となる。

【 0 0 9 2 】

(その他の実施形態)

本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、以下のように種々変形して実施することが可能である。

【 0 0 9 3 】

(1) 第 1 および第 2 の実施形態では、被写体 1 の分光反射率 $f(\lambda)$ をデジタルカメラ 3 により被写体 1 を撮影して得られた画像データから算出するようにしたが、これに限らず任意の被写体の分光反射率画像データを用いることができる。

【 0 0 9 4 】

(2) 第 1 および第 2 の実施形態では、カラー画像出力手段として CRT モニタ 10 を例に説明したが、他の方式のディスプレイやプリンタ等の画像出力装置に置き換えることも可能である。

【 0 0 9 5 】

(3) 第 1 および第 2 の実施形態では、色票 6 を撮影するための入力装置として RGB 3 チャンネルのデジタルカメラ 8 を用いたが、色票 6 を撮影するカメラの分光感度特性、チャンネル数は任意のものを用いることができる。

【 0 0 9 6 】

(4) 本発明においては、被写体 1 を撮影する撮影側を CRT モニタ 10 上で被写体画像を表示して観察する観察側に対して遠隔地に設けて、画像データを伝送するシステムを構成してもよい。この場合、分光反射率算出装置 4, 14、三刺激値算出装置 5, 15、カラー画像信号算出装置 9 は、撮影側もしくは観察側のいずれにあってもよい。

【0 0 9 7】

また、この場合には分光反射率算出装置 4, 1 4、三刺激値算出装置 5, 1 5 およびカラー画像信号算出装置 9 における処理に必要なデータは、各装置内に記憶しておくか、もしくは伝送によって取得することにより、前記実施形態に示した処理を実現することができる。

【0 0 9 8】

(5) 第 1 の実施形態では、被写体 1 の分光反射率 $f(\lambda)$ と等色関数 $c_i(\lambda)$ の積が色票 6 の分光反射率 $q_j(\lambda)$ と色票 6 を撮影するデジタルカメラ 8 の分光感度 $h_i^{(2)}(\lambda)$ の組み合わせにより展開できることを条件に、被写体 1 の観察照明光下における三刺激値 C を求めるようにしたが、被写体 1 の分光反射率 $f(\lambda)$ が色票 6 の分光反射率 $q_j(\lambda)$ とデジタルカメラ 8 の分光感度 $h_i^{(2)}(\lambda)$ の組み合わせの積を等色関数 $c_i(\lambda)$ により除したものによって展開可能な場合も、同様に被写体の観察照明光下における三刺激値 C を求めることができる。

【0 0 9 9】

この場合、被写体 1 の分光反射率 $f(\lambda)$ にマトリクスを乗じることにより、観察照明光下の三刺激値 C に変換することができ、被写体 1 をデジタルカメラ 3 により撮影して得られた被写体画像信号から分光反射率 $f(\lambda)$ を算出するマトリクスと結合することにより、被写体画像信号を直接観察照明光下における三刺激値 C に変換することが可能である。

【0 1 0 0】

本発明は、このように被写体の分光反射率から観察照明光下の三刺激値を算出する場合に限られず、カメラ等の入力装置により得られた信号値から直接観察照明光下の三刺激値を算出する方法も含む。

【0 1 0 1】

(6) 第 2 の実施形態の変形として、被写体を撮影して得られた被写体画像信号から被写体 1 の分光反射率 $f(\lambda)$ の基底関数 V の展開係数 K を算出するためのマトリクスと、展開係数から被写体 1 の観察照明光下における三刺激値 C を算出するためのマトリクスとを結合することにより、被写体画像信号から観察照明

光下の三刺激値Cを直接算出することも可能であり、本発明はこのように本質的に等価な処理方法も含む。

【0 1 0 2】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば分光光度計等の測定器を用いることなく簡単に被写体の分光反射率画像を観察照明光下における三刺激値画像に変換するカラー画像処理装置を有する色再現システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態に係る色再現システムの構成を示すブロック図

【図 2】

同実施形態における分光反射率算出装置の構成を示すブロック図

【図 3】

同実施形態における三刺激値算出装置の構成を示すブロック図

【図 4】

同実施形態におけるカラー画像信号算出装置の構成を示すブロック図

【図 5】

本発明の第 2 の実施形態に係る色再現システムの構成を示すブロック図

【図 6】

同実施形態における分光反射率算出装置の構成を示すブロック図

【図 7】

同実施形態における三刺激値算出装置の構成を示すブロック図

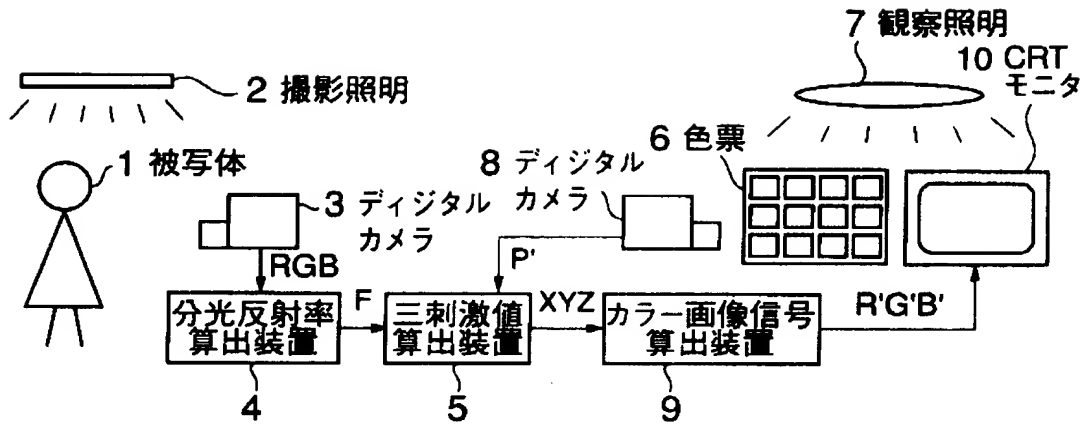
【符号の説明】

- 1 …被写体
- 2 …撮影照明
- 3 …第 1 のデジタルカメラ
- 4 …分光反射率算出装置
- 5 …三刺激値算出装置
- 6 …色票

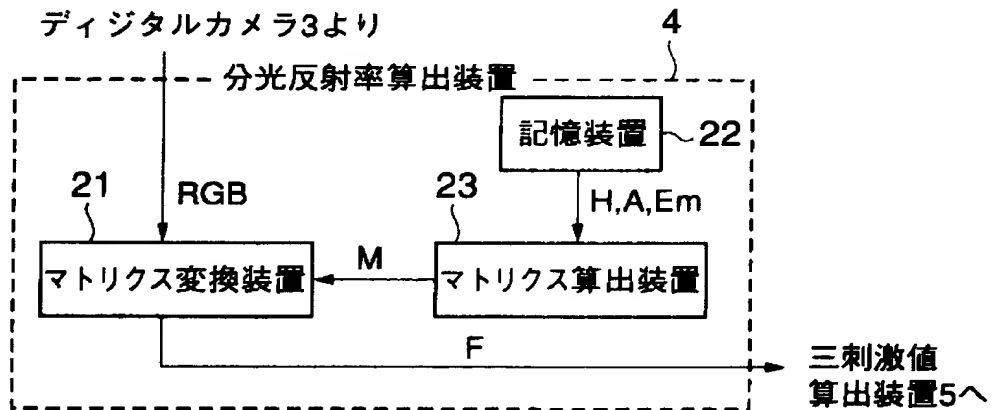
- 7 … 観察照明
- 8 … 第 2 のデジタルカメラ
- 9 … カラー画像信号算出装置
- 1 0 … C R T モニタ
- 1 4 … 分光反射率算出装置
- 1 5 … 三刺激値算出装置
- 3 1 … 三刺激値マトリクス算出装置
- 3 2 … 記憶装置
- 3 3 … 画像切り出し装置
- 3 4 … 三刺激値マトリクス変換装置
- 7 1 … 画像切り出し装置
- 7 2 … 三刺激値マトリクス算出装置
- 7 3 … 記憶装置
- 7 4 … 三刺激値マトリクス変換装置

【書類名】 図面

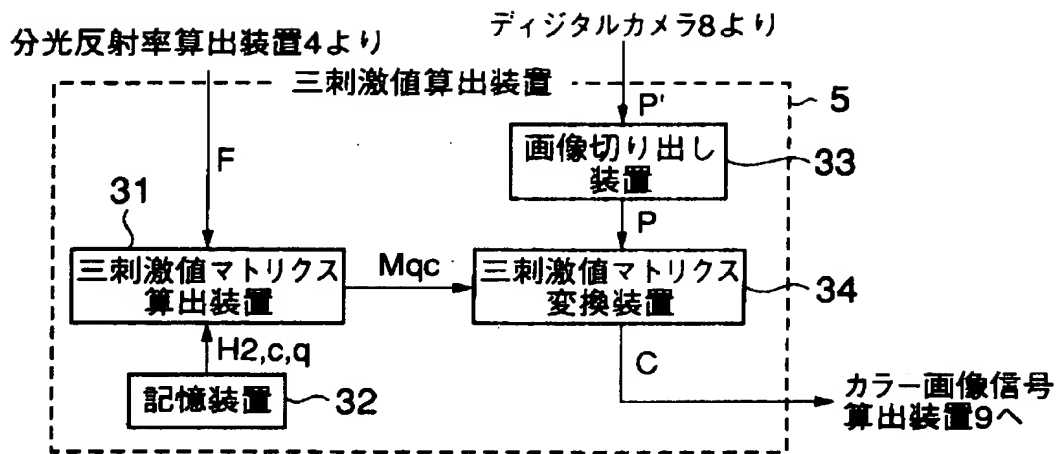
【図 1】



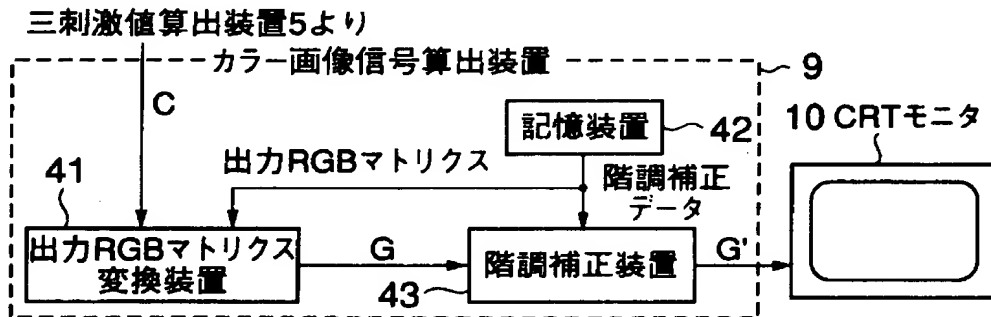
【図 2】



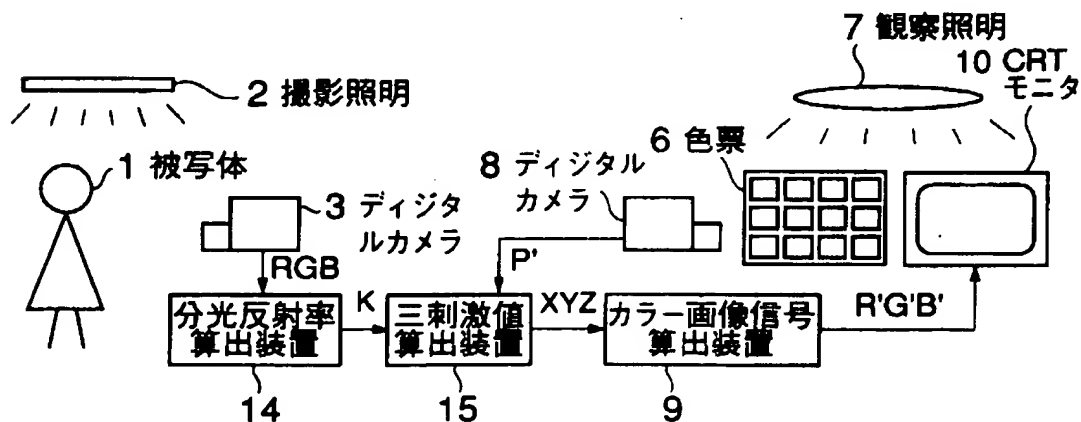
【図 3】



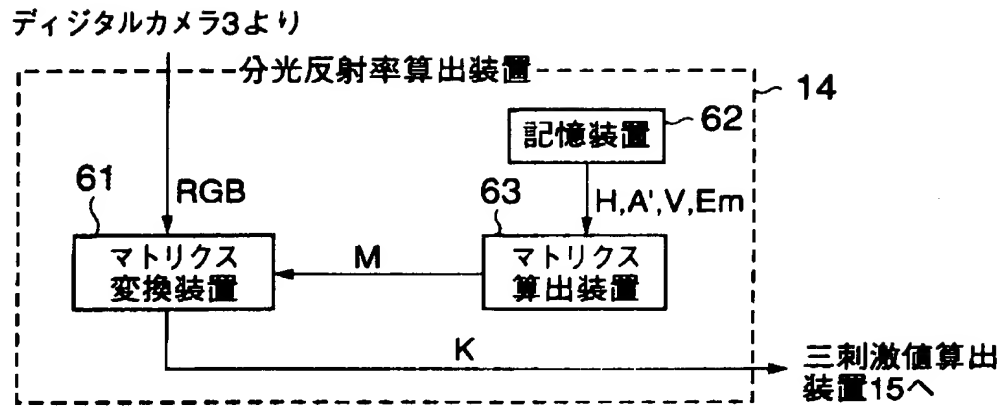
【図 4】



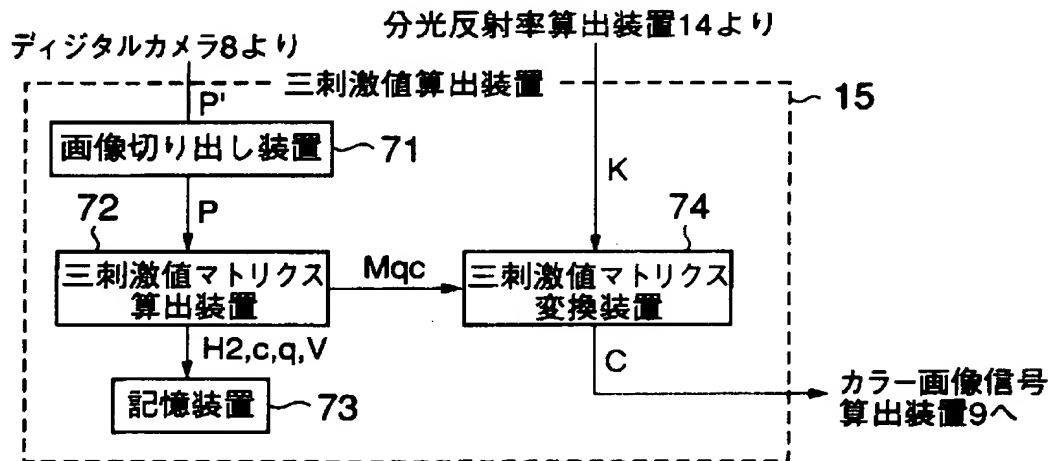
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 分光光度計を用いずに分光反射率画像を観察照明光下における三刺激値画像に変換するカラー画像処理装置を有する色再現システムを提供する。

【解決手段】 分光反射率算出装置 4 で求められた被写体 1 の分光反射率に対応した観察照明光の下での三刺激値 XYZ を算出する三刺激値算出装置 5 と、三刺激値 XYZ に基づいて CRT モニタ 10 への出力カラー画像信号 $R' G' B'$ を算出するカラー画像信号算出装置 9 とからなる色再現システムにおいて、三刺激値算出装置 5 は、複数の単位色票からなる色票 6 の分光反射率データと色票 6 を観察照明光下でデジタルカメラ 8 により撮影して得られた色票画像データ P' とデジタルカメラ 8 の分光感度データおよび等色関数データを用いて、被写体 1 の分光反射率画像データ F を観察照明光下での三刺激値画像データ XYZ に変換する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日	1990年 8月20日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
氏 名	オリンパス光学工業株式会社